

CEREMA
Direction Territoriale Méditerranée

Renforcement parasismique des Constructions existantes

Jeudi 27 novembre 2014

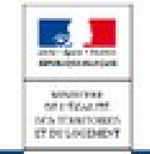
Guide construction parasismique

Mars 2013

Diagnostic et renforcement du bâti existant vis-à-vis du séisme

Groupe de travail AFPS-CSTB











Réalisation du guide

- **Réalisé entre 2008 et 2012 par un groupe de travail commun AFPS/CSTB**
- **Déroulement en deux phases:**
  - Première phase préparatoire: démarche générale et analyse bibliographique (sélection de 13 documents)
  - Seconde phase: réalisation du guide.







Enjeu

Ce guide fournit:

- Une trame méthodologique aux maîtres d'ouvrage pour engager un programme de maîtrise et de réduction du risque sismique du bâti existant;
- des méthodes d'évaluation du comportement sismique et des solutions de renforcement à mettre en œuvre;
- Des exemples pratiques illustrant l'approche méthodologique



Architecture du guide

Chapitre 1: Conseils aux maîtres d’ouvrage, niveau de performance
Chapitre 2: Collecte d’informations, visite
Chapitre 3: Méthodes d’évaluation de l’existant
Chapitre 4: Solutions de renforcement
Chapitre 5: Justification des ouvrages renforcés (EN 1998 partie 3)
Chapitre 6: Types de dommages (REX missions post sismiques
Chapitre 7: Bibliographie
Annexes: Exemples, fiches techniques de renforcement

Chapitre 1 — Niveau d’exigence imposé ou choisi (état-limite et niveau sismique)
Chapitre 2 — Visite de la structure / Recueil de données
Chapitre 3 — Évaluation de la capacité initiale de la structure / Ordre de grandeur des coûts / Usage et valeur patrimoniale
Décision de renforcement → non → Archivage diagnostic
Chapitres 4 et 5 — oui (Recueil de données supplémentaires)
Étape 0 — Validation du diagnostic et des pistes de renforcement
Étape 1 — Avant-projet de renforcement (APD) / Nature des renforcements / Dimensionnement préliminaire / Autres interventions nécessaires sur le bâtiment ? / Pré-évaluation des coûts
Confirmation de décision de renforcement → non → Archivage diagnostic et APD
oui
Étape 2 — Projet de renforcement (Possible sur décision du maître d’ouvrage → Archivage diagnostic et APD)
Étape 3 — Études et dimensionnement (PRO) / Caractéristiques modifiées du bâtiment / Parties anciennes et nouvelles et leurs liaisons / Évaluation des coûts (Itération possible)
Vérifications globales / Vérifications locales
satisfaites
Appels d’offres / Coûts définitifs
Étape 4 — Travaux / Suivi / Réception → Archivage dossier « tel que renforcé »

48



1-Conseils Maître d'ouvrage

Prise en compte du risque sismique

- Appréciation du risque et de la performance du bâtiment
- Bilan à l'égard de critères d'acceptabilité
- Définition d'objectifs de protection
- Estimation de la pertinence technique des actions correctives
- Recherche d'une optimisation des actions en termes du meilleur gain en protection et réduction des risques



Réglementation parasismique rappel

Décret, Arrêté	Date	Intitulé	
Décret n° 2010-1254	22/10/2010	Relatif à la prévention du risque sismique	• Classe: risque normal • Catégories d'importance de I à IV • Zones de sismicité de 1 à 5
Décret n° 2010-1255	22/10/2010	Portant délimitation des zones de sismicité du territoire français	Par départements et par cantons
Arrêté DEVP1015475A	22/10/2010 Application: 1/05/2011	Relatif à la classification et aux règles parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »	• Mouvement sismique (catégories, zones sismicité, classes de sol) • Cas bâti existant article 3 (modifications substantielles)



Règles techniques

- Normes, recommandations, guides
- Possibilité d'un choix de règles techniques contractuelles
- Toutefois, les Eurocodes constituent un ensemble de normes complet et réglementaire
  - Partie 3 de l'eurocode 8 pour l'évaluation et le renforcement des bâtiments
  - Etats limites/objectif de comportement (quasi effondrement NC, dommages significatifs SD, limitation des dommages DL)



1-Conseils Maître d'ouvrage

facteur de conformité (1/2)

- Pour ce qui concerne la mise à niveau du bâti existant: on ne vise pas forcément le niveau de performance du bâti neuf – objectif de performance à fixer « a priori » par le maître d'ouvrage

- Identifier la capacité initiale de l'ouvrage à résister aux actions sismiques de référence (celles s'appliquant au bâti neuf)

- Le rapport entre la capacité initiale et celle requise pour un ouvrage neuf: facteur de conformité α



1-Conseils Maître d'ouvrage

facteur de conformité (2/2)

- Le facteur de conformité caractérise le niveau relatif de résistance du bâtiment analysé.
- Il exprime le rapport entre la résistance réelle et la résistance requise: $\alpha = a_{g,\text{réelle}} / a_{g,\text{réf}}$,
- La valeur du facteur de conformité α varie de la valeur du facteur de conformité avant renforcement noté effectif α_{eff} à la valeur du facteur de conformité après renforcement noté final α_{fin} : $0 < \alpha_{eff} < \alpha < \alpha_{fin} < 1$
- $0 < \frac{a_{eff}}{a_g} < \alpha < \frac{a_{fin}}{a_g} < 1$



1-Conseils Maîtred'ouvrage

Actions sismiques de référence

Pour la vérification des 3 états limtes et pour les catégories d'importance
Il est considéré un facteur d'importance γ

$a_g = \gamma\, a_{gr}$

	Catégorie d'importance		
État limite à vérifier	II	III	IV
Non-effondrement	1	1,2	1,4
Dommages significatifs	0,75	0,9	1,05
Limitation de dommages	0,5	0,6	0,7

Tableau 1-1 : Facteur multiplicatif pour la détermination de l'action sismique de référence par catégorie d'importance, pour la vérification d'un des trois états limites.



2-collecte d'informations, visite

Etapes du processus de décision

- Informations recherchées
- Principe évaluation sismique
- Collecte informations
- Rapport de visite

RAPPORT DE VISITE

1 : implantation dans l'environnement
- Conditions de sol
- Interactions
- Implantation

2 : bâtiment
- Généralités
- Plans de masse - Plans d'exécution (Plans de charges - coffrage, armatures, ensemble, assemblages, etc...) - Technique construction Structure Plancher - Matériaux

3 : zones critiques
- Poteaux - Inserts - Ouvertures
- Liaisons
- Transparences

Données sismiques
Zonage
Spectre

Objectif M.
Ouvrage
Classe bât visée

Collecte d'information

CR de visite : étape préliminaire

Évaluation préliminaire

Rapport d'évaluation préliminaire en l'état

Validation du rapport par

Décision MO

Destruction
Changement d'usage

Collecte des données de base

CR de visite : étape détaillée

Si la phase préliminaire a été suffisamment exhaustive, ces deux points ne sont pas

Évaluation capacité sismique du bâtiment

Rapport d'évaluation détaillée
➔Solutions de renforcement

Fig. 2.1 - Enchainement des différentes étapes du processus de décision



2-collecte d'informations, visite

Exemple: fiche de visite

Type		Commentaires / référence doc / annexe photo/ annexe schéma / annexe plan	Fiab	Fav
1	Implantation dans l'environnement			
1.1	Conditions de sol			
Caractérisation du sol				
	Rocher			
	Alluvions			
	Sable			
	Sol rapporté			

Commentaires, références

Fiabilité de l'information

Cocher la case correspondante

Effet sur le comportement

	Type	Commentaire / référence doc / annexe photo/ annexe schéma / annexe plan	Fiab	Fav
1	IMPLANTATION DANS L'ENVIRONNEMENT			
1.1	Conditions de sol			
Caractérisation du sol				
	Rocher			
	Alluvions			
	Sable			
	Sol rapporté			
	Ancien marais/décharge			
	Autre			
Étude de sol				
	Classes Eurocode 8 A – B – C – D – E - S1 - S2			
1.2	Interaction avec les constructions			
	Bâtiments proches			
	Joints entre bâtiments			
1.3	Implantation			
	Risque effet de site			
	Proximité rupture pente D<2H			
	Pente >40%			
	Présence de failles			

Deux colonnes à droite

Fiabilité de l'information:

- C certaine
- P probable

Appréciation sur le comportement:

- F favorable
- D défavorable



3-Evaluation de l'existant

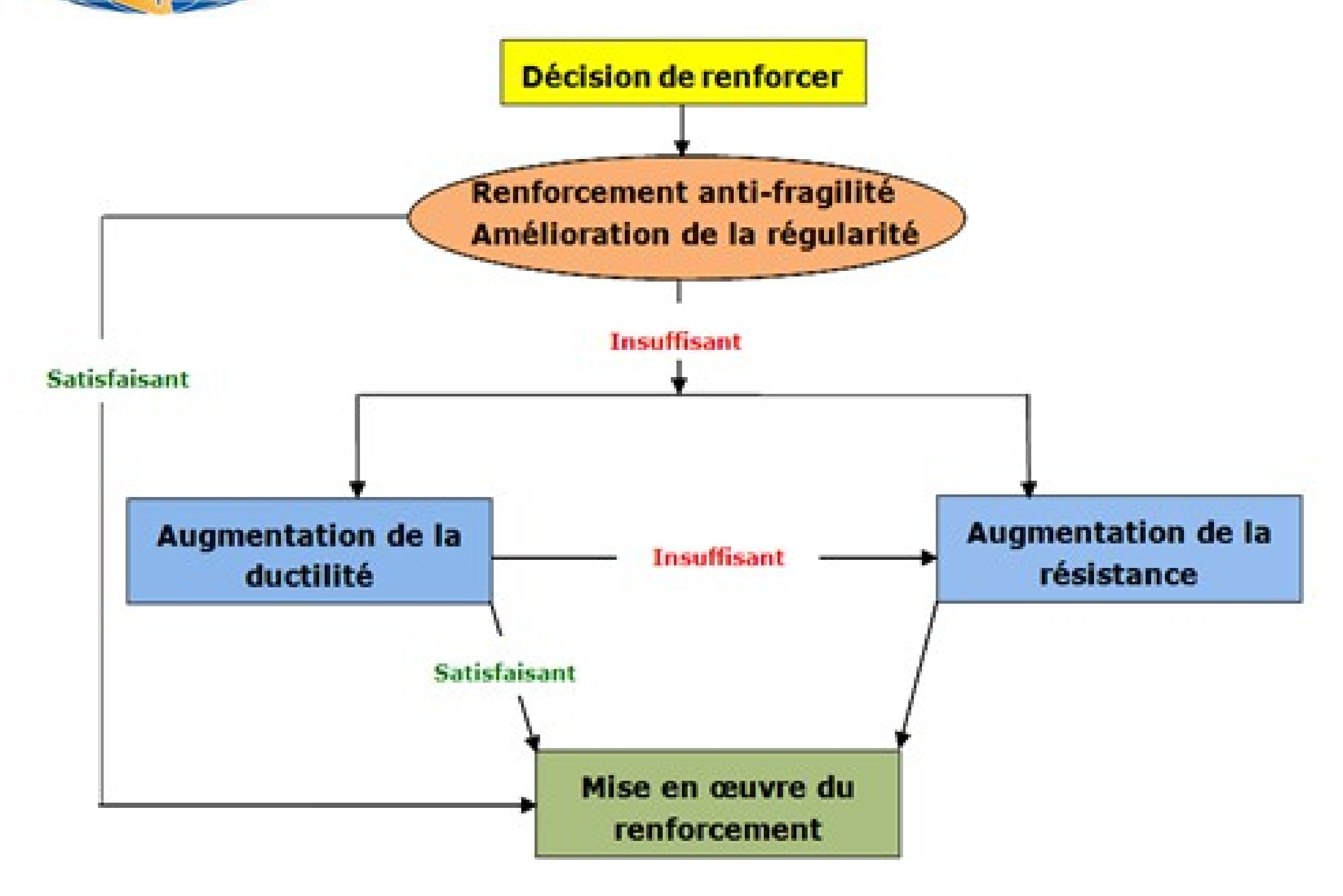
- Objectif: détermination du coefficient de conformité initial α_{eff} avant renforcement
- Analyses simplifiées
- Analyses détaillées
  - Evaluation de la demande D:
    - Méthode des forces latérales
    - Analyse linéaire et coefficient de comportement
    - Analyse en poussée progressive (méthode en déplacement)
  - Evaluation de la capacité résistante C en termes de résistance ou de déformation



4-Solutions de renforcement

- Deux approches complémentaires:
  - Amélioration du comportement d’ensemble:
    - ✓ Améliorer la régularité
    - ✓ Limitation des masses
    - ✓ Isolation parasismique
  - Amélioration de la capacité de résistance des éléments structuraux

4-Solutions de renforcement



5- Justification des ouvrages renforcés

4-Solutions de renforcement

Fiches techniques 1/2

- Ajout d'éléments de contreventement
- Renforcement d'éléments structuraux par FRP
- Chemisage de poteaux et poutres en BA (en BA, par FRP, coque métallique)
- Contreventement métallique avec amortisseur
- Renforcement en BA d'éléments structuraux en BA
- Amélioration de la connexion des planchers avec les éléments verticaux de contreventement

4-Solutions de renforcement

Fiches techniques 2/2

- Mise en place de chaînages dont chaînage horizontal au niveau de la dalle de toiture,
- Renforcement d'éléments secondaires: cheminées, balcons, auvents..
- Renforcement des fondations: élargissement des semelles, mise en place de micropieux
- Ajout d'isolateurs



6-Types de dommages (1/5)

L'importance des dommages dépend notamment:

- Du niveau de l'intensité sismique,
- Du sol d'assise,
- Des irrégularités de conception,
- De la pauvreté des dispositions constructives,
- D'une réalisation médiocre

Rappel des bâtiments considérés



Types de dommages (2/5)

Chi-Chi du 21/09/1999 M=7,7



Types de dommages (3/5)









Maçonnerie non chaînée



Types de dommages (4/5)

Séisme de Kobé du 17/01/95 M=6,9



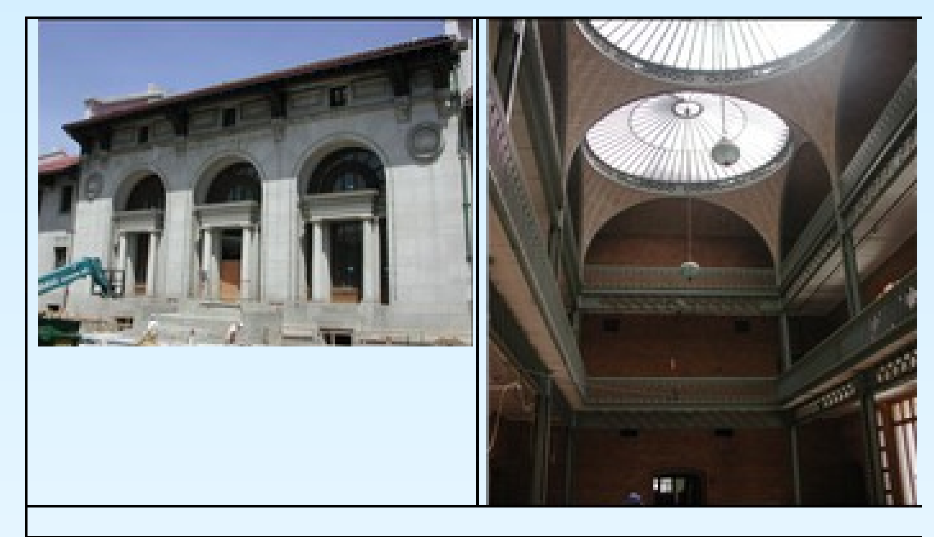
Types de dommages (5/5)

Séisme de Loma Prieta du 17/10/1989 M=6,9



Exemples Renforcement (1/3)



Bibliothèque de Berkeley



Exemples Renforcement (2/3)









Exemples Renforcement (3/3)

chapelle « S.Maria Dei Centurelli » (Abruzzes, Italie)







7-Analyse bibliographique

N° fiche	Titre	Auteur(s)	Type
1	FEMA 547- Techniques for the seismic rehabilitation of existing buildings	FEMA/Rutherford&Chekene (INST)	Guide donnant des recommandations
2	Seismic design and retrofit of bridges	M.J.N. Priestley, F.Seible, G.M.Calvi	ouvrage de référence
3	Assessment and Improvement of the structural performance of buildings in Earthquakes	New Zealand Society for Earthqake Engineering	Guide
4	FEMA 356- Prestandard and commentary for seismic rehabilitation of buildings	FEMA &ASCE	document antécédent à une norme, comprenant des commentaires
5	Renforcement du bâti existant	Groupe de travail RGCU: PX-DAM, Dynamique Concept, Séchaud et Metz, CSTB	Guide méthodologique
6	FEMA 154- Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: Handbook	C. Rojahn, C. Scawthorn et autres	Manuel d'utilisation
7	FEMA 155- Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: supporting documentation	C. Rojahn, C.D. Poland et autres	Rapport technique
8	Vulnérabilité du bâti existant: approche d'ensemble	D. Combescure, P. Gueguen, B. Lebrun	Cahier technique AFPS N° 25
9	Standard and Guidelines for seismic evaluation of existing reinforced concrete buildings; Technical manual for seismic evaluation and seismic retrofit of existing RC buildings	BRI- Building Research Institute, Japan	Norme au Japon et recommandations pour les autres pays
10	Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings	T. Paulay & M.J.N. Priestley	ouvrage de référence
11	ATC-40: Seismic Evaluation and retrofit of concrete buildings		
12	Cahier technique SIA 2018 "vérification de la sécuritè parasismique des bâtiments existants"		Guide
13	FEMA 397: Incremental Seismic Rehabilitation of Office Buildings		Guide à l'usage des propriétaires d'immeubles de bureaux



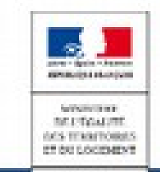
Guide construction parasismique

Mars 2013

ANNEXES - Diagnostic et renforcement du bâti existant vis-à-vis du séisme

Groupe de travail AFPS-CSTB











Annexes



Exemple: Bâtiment en maçonnerie

Bâtiment ancien 1945 R+2 Cat.II
Nécessaire reprendre les planchers
Zone 3 (q=1,5)

Analyse par forces latérales et 3D
α= 0,53



Exemple: Bâtiment en B.A.

Tours Gabarre à Pointe à Pitre: 19 étages

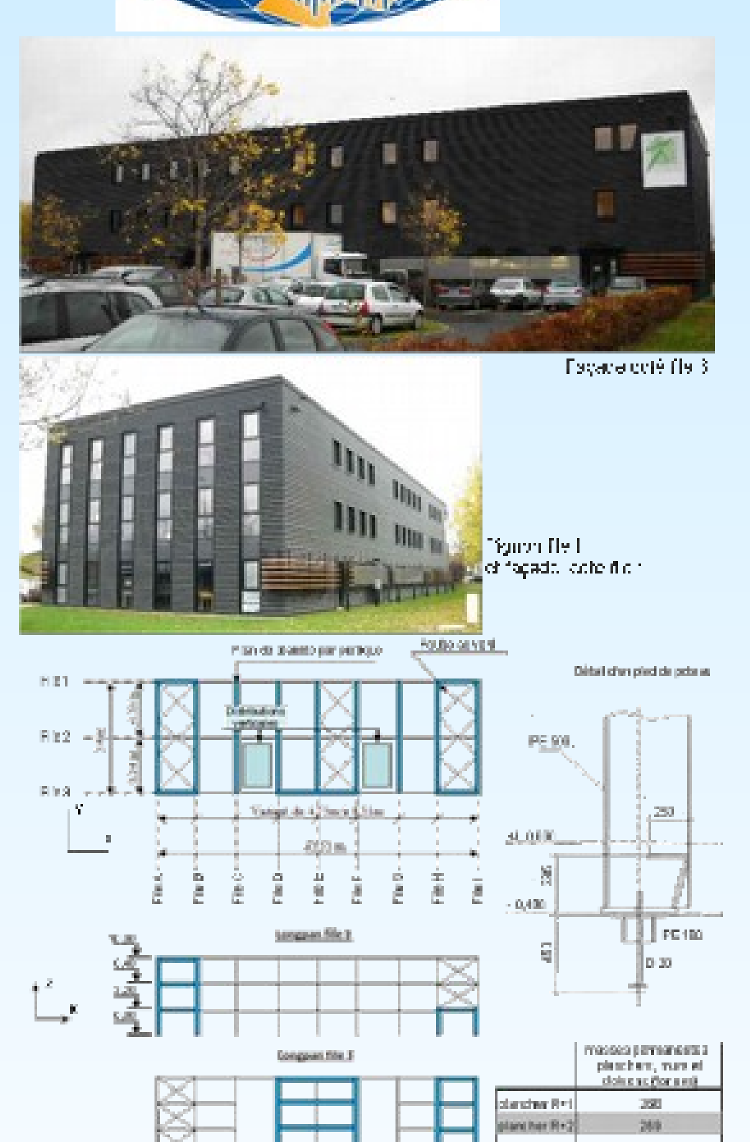
Zone 5

PHOTO n°1

Voiles en B.A. – Fondations sur pieux – évaluation du facteur de conformité α_{eff}= 0,40 nominal



Exemple: Bâtiment en acier



Bâtiment R+2 (2002)- Catégorie II

Zone 3

Contreventement: portiques et

Palées de stabilité

Analyse avec coefficient de comportement q=2

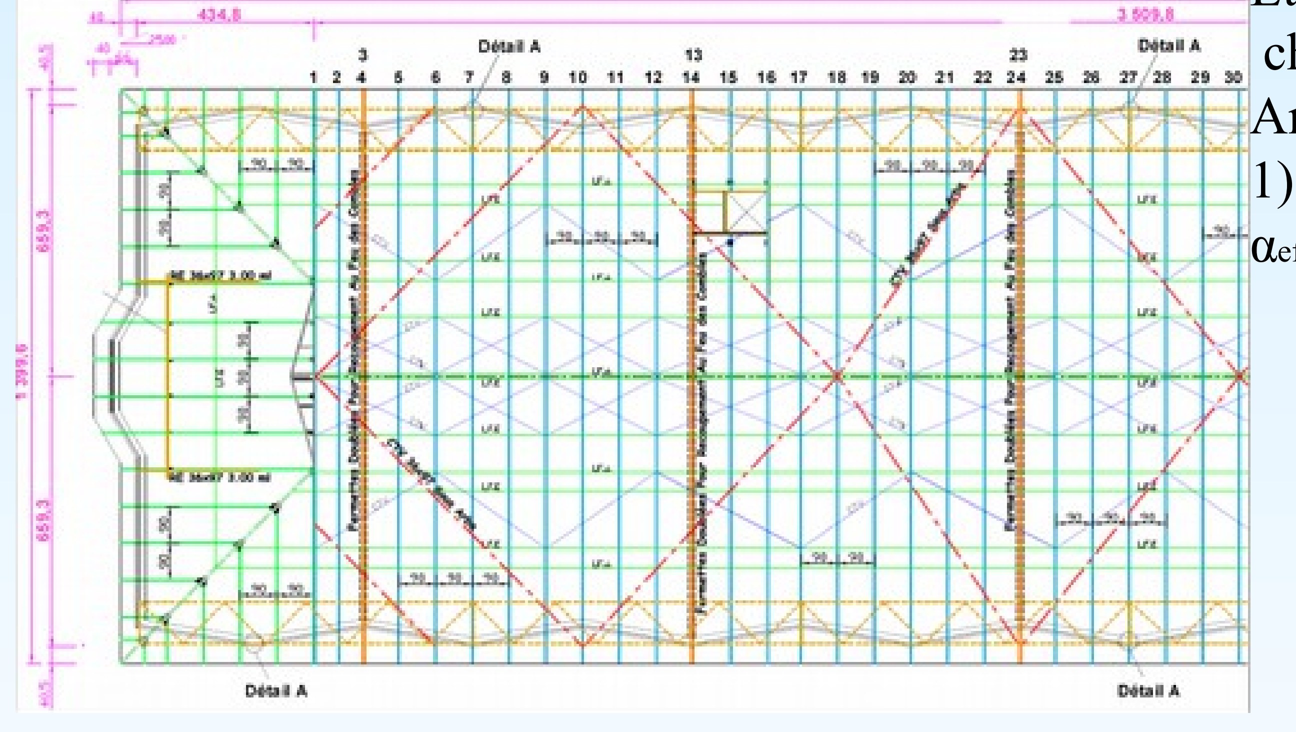
Etat de dommages significatifs SD

$\alpha_{eff} = 0,70$



Exemple: Bâtiment Bois





Bâtiment R+2(2004) –Cat. II

Murs à ossature bois

Zone 3 sol classe C

Etat limite NC

choix q=3

Analyse sismique (EN 1998-1)

$\alpha_{eff}=1$


afps


Guide
construction
parasismique
Mars 2013
Diagnostic et renforcement du
bâti existant vis-à-vis du
séisme
Groupe de travail AFPS-CSTB


CSTB


Merci pour votre attention